

I. انحلال حمض او أساس في الماء

1. الحمض (Acide)



برونستد - لوري

- **تعريف الحمض حسب برونستد** : هو كل فرد كيميائي قادر على فقدان بروتون H^+ او أكثر .
- **معادلة تفاعل الحمض مع الماء** :

$$AH + H_2O = H_3O^+ + A^-$$

مثال : $CH_3COOH + H_2O = H_3O^+ + CH_3COO^-$

- **الثنائية (اساس / حمض)** :

$$(AH / A^-)$$

مثال : (H_3O^+ / H_2O) ، (CH_3COOH / CH_3COO^-)

2. جدول التقدم

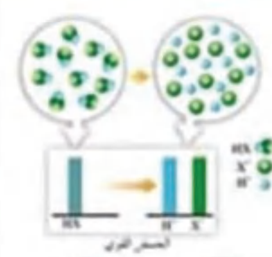
- **جدول التقدم**

المعادلة	AH	$+ H_2O$	$= H_3O^+$	$+ A^-$
ح . إ	n_0	بوفرة	0	0
ح . إ	$n_0 - x$		x	x
ح . ن	$n_0 - x_{max}$		x_{max}	x_{max}

مثال :

المعادلة	CH_3COOH	$+ H_2O$	$= H_3O^+$	$+ CH_3COO^-$
ح . إ	$C_0.V$	بوفرة	0	0
ح . إ	$C_0.V - x$		x	x
ح . ن	$C_0.V - x_{max}$		x_{max}	x_{max}

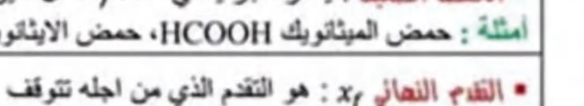
3. الحمض القوي و الحمض الضعيف و نسبة التقدم النهائي τ_f

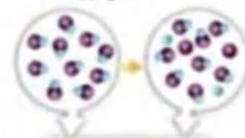
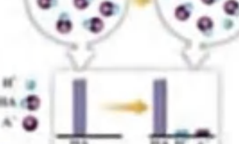


- **الحمض القوي** : يتشرد كليا في الماء (تفاعل تام) .

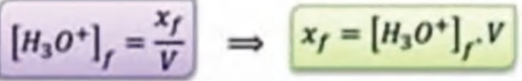
أمثلة : حمض كلور الهيدروجين HCl، حمض الأزوت HNO_3 ، حمض الكبريت H_2SO_4 ...

- **الحمض الضعيف** : يتشرد جزئيا في الماء (تفاعل غير تام).


أمثلة : حمض الميثانويك HCOOH، حمض الايثانويك CH_3COOH ، حمض البنزويك C_6H_5COOH ...

- **التقدم النهائي** x_f : هو التقدم الذي من اجله تتوقف الجملة عن التطور (تجريبيا)



$$[H_3O^+]_f = \frac{x_f}{V} \Rightarrow x_f = [H_3O^+]_f.V$$

- **التقدم الاعظمي** x_{max} : هو التقدم الذي من اجله تنعدم كمية مادة المتفاعل المحد (نظريا)

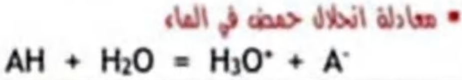
$$x_{max} - C_0.V = 0 \Rightarrow x_{max} = C_0.V$$

- **نسبة التقدم النهائي** :
  - $\tau_f = 1$: التفاعل تام و الحمض قوي
  - $\tau_f < 1$: التفاعل غير تام و الحمض ضعيف

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} \Rightarrow \tau_f = \frac{[H_3O^+]_f}{C_0}$$

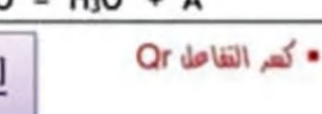
4. كسر التفاعل Qr و ثابت التوازن للحموضة K_a و pKa للثنائية (AH/A^-)

- **معادلة انحلال حمض في الماء**

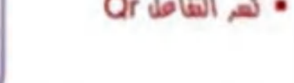


$$AH + H_2O = H_3O^+ + A^-$$

- **كسر التفاعل Qr**



$$Q_r = \frac{[H_3O^+].[A^-]}{[AH]}$$



- **ثابت التوازن للحموضة Ka**



$$Q_{rf} = K_a \Rightarrow K_a = \frac{[H_3O^+]_f.[A^-]_f}{[AH]_f}$$

- **pKa للثنائية (AH/A^-)**

$$K_a = 10^{-pK_a} \Rightarrow pKa = -\log K_a$$



مثال : انحلال حمض الايثانويك في الماء

1. معادلة انحلال حمض الايثانويك في الماء

$$CH_3COOH + H_2O = H_3O^+ + CH_3COO^-$$

2. كسر التفاعل Q_r

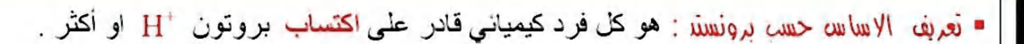
$$Q_r = \frac{[H_3O^+].[CH3COO^-]}{[CH3COOH]}$$

3. ثابت التوازن للحموضة Ka

$$K_a = \frac{[H_3O^+]_f.[CH3COO^-]_f}{[CH3COOH]_f}$$

4. pKa للثنائية $(CH3COOH/CH3COO^-)$

pKa = - log Ka



I. انحلال أساس في الماء

1. الاساس (Base)



بر ونستد - لوري

- تعريف الاساس حسب برونستد : هو كل فرد كيميائي قادر على اكتساب بروتون H^+ او أكثر .
- معادلة تفاعل الأساس مع الماء :

$$B + H_2O = OH^- + BH^+$$

مثال : $NH_3 + H_2O = OH^- + NH_4^+$

- الثنائية (اساس / حمض) : لكل حمض أساس مرافق و لكل أساس حمض مرافق (BH^+ / B)

مثال : (NH_4^+ / NH_3) ، (H_2O / OH^-)

2. جدول التقدم

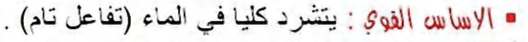
- جدول التقدم

المعادلة	B	$+ H_2O =$	OH^-	$+ BH^+$
ح . إ	n_b	بوفرة	0	0
ح . إ	$n_b - x$	بوفرة	x	x
ح . ن	$n_b - x_{max}$	بوفرة	x_f	x_f

مثال :

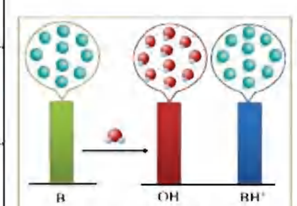
المعادلة	NH_3	$+ H_2O =$	OH^-	$+ NH_4^+$
ح . إ	n_b	بوفرة	0	0
ح . إ	$n_b - x$	بوفرة	x	x
ح . ن	$n_b - x_{max}$	بوفرة	x_f	x_f

3. الحمض القوي و الحمض الضعيف و نسبة التقدم النهائي τ_f



- الاساس القوي : يتشرد كليا في الماء (تفاعل تام) .

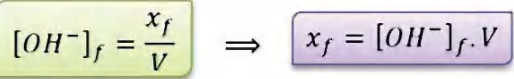
أمثلة : هيدروكسيد الصوديوم NaOH، هيدروكسيد البوتاسيوم KOH ...

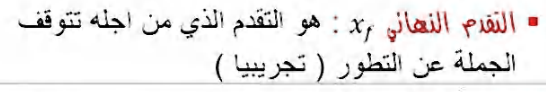


- الأساس الضعيف : يتشرد جزئيا في الماء (تفاعل غير تام).

أمثلة : النشادر NH_3، الايثانوات CH_3COO^- ....

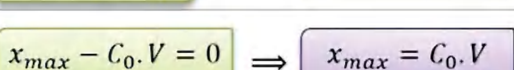
- التقدم النهائي x_f : هو التقدم الذي من اجله تتوقف الجملة عن التطور (تجريبيا)



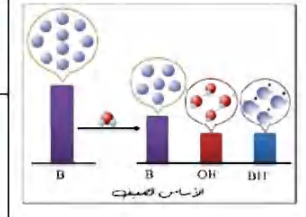


$$x_f = [OH^-]_f . V \Rightarrow [OH^-]_f = \frac{x_f}{V}$$

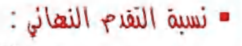
- التقدم الاعظمي x_{max} : هو التقدم الذي من اجله تنعدم كمية مادة المتفاعل المحد (نظريا)

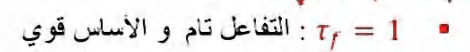


$$x_{max} = C_0 . V \Rightarrow x_{max} - C_0 . V = 0$$



- نسبة التقدم النهائي :
  - $\tau_f = 1$: التفاعل تام و الأساس قوي
  - $\tau_f < 1$: التفاعل غير تام و الأساس ضعيف

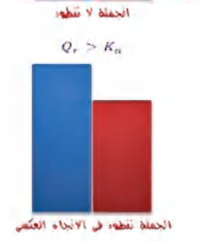




$$\tau_f = \frac{[OH^-]_f}{C_0} \Rightarrow \tau_f = \frac{x_f}{x_{max}}$$

ملاحظة : نسبة التقدم النهائي τ_f تتعلق بالتراكيز الابتدائية (الحالة الابتدائية للجملة)

4. كسر التفاعل Qr و ثابت التوازن للحموضة K_a و pKa للثنائية (BH^+ / B)



- معادلة انحلال الأساس في الماء

$$B + H_2O = OH^- + BH^+$$

- كسر التفاعل Qr

$$Q_r = \frac{[OH^-].[BH^+]}{[B]}$$

- ثابت التوازن للحموضة Ka

$$K = \frac{[OH^-]_f.[BH^+]_f}{[B]_f} = \frac{K_e}{K_a} \Rightarrow Q_{rf} = K$$

- pKa للثنائية (BH^+ / B)

$$pKa = -\log K_a \Rightarrow K_a = 10^{-pK_a}$$

مثال : انحلال الامونيوم في الماء

1. معادلة انحلال الامونيوم في الماء

$NH_3 + H_2O = OH^- + NH_4^+$

2. كسر التفاعل Q_r

$$Q_r = \frac{[OH^-].[NH_4^+]}{[NH_3]}$$

3. ثابت التوازن للحموضة Ka

$$K = \frac{[OH^-]_f.[NH_4^+]_f}{[NH_3]_f} = \frac{K_e}{K_a}$$

$$\Rightarrow K_a = K_e . \frac{[NH_3]_f}{[OH^-]_f.[NH_4^+]_f}$$

4. pKa للثنائية (NH_4^+/NH_3)

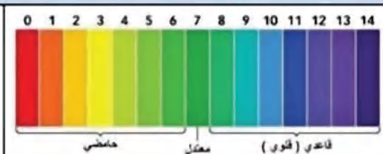
pKa = - log Ka

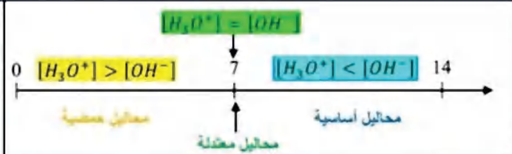
ملاحظة : ثابت التوازن K_a لا يتعلق بالتراكيز الابتدائية (الحالة الابتدائية للجملة)



I. pH محلول مائي

1. سلم الـ pH





- إذا كان $pH < 7$ فإن الوسط حامضي
- إذا كان $pH > 7$ فإن الوسط قاعدي
- إذا كان $pH = 7$ فإن الوسط معتدل

2. الـ pH



- المحاليل الممدة و عند $\theta = 25^0C$

$$[H_3O^+] = 10^{-PH}$$

$$\Rightarrow \quad pH = -log\,[H_3O^+]$$

pH : الأس الهيدروجيني
$[H_3O^+]$: تركيز شوارد الهيدرونيوم (mol/L)

3. الناقلية النوعية σ

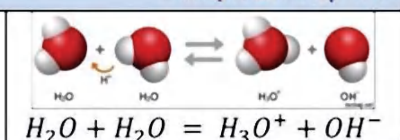


$$\sigma = [H_3O^+]\cdot\lambda_{H_3O^+} + [A^-]\cdot\lambda_{A^-}$$

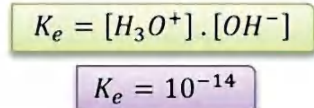
$$\Rightarrow \quad [H_3O^+] = \frac{\sigma}{(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{A^-})}$$

$[H_3O^+]$: تركيز شوارد الهيدرونيوم (mol/L)
σ : الناقلية النوعية (S/m)
$\lambda_{H_3O^+}$: ناقلية نوعية شاردية ($mS.m^2$ /mol)
λ_{A^-} : ناقلية نوعية شاردية ($mS.m^2$ /mol)

4. الجداء الشاردي للماء



$$H_2O + H_2O = H_3O^+ + OH^-$$

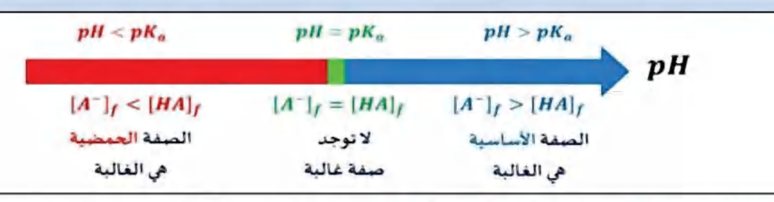


$$K_e = [H_3O^+].[OH^-]$$

$$K_e = 10^{-14}$$

K_e : ثابت توازن الماء
$[H_3O^+]$: تركيز شوارد الهيدرونيوم (mol/L)
$[OH^-]$: تركيز شوارد الهيدروكسيد (mol/L)

5. الصفة الغالبة



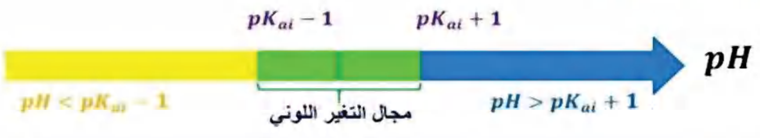
$$pH = pK_a + log\frac{[A^-]}{[AH]}$$

- إذا كان $pH > pKa$ فإن $[AH] < [A^-]$: الصفة الغالبة قاعدية و الفرد الغالب الاساس A^-
- إذا كان $pH < pKa$ فإن $[AH] > [A^-]$: الصفة الغالبة حمضية و الفرد الغالب الحمض AH
- إذا كان $pH = pKa$ فإن $[AH] = [A^-]$: لا توجد صفة غالبة ولا يوجد فرد غالب .

6. الكاشف الملون HIn

- الكاشف الملون : عبارة عن ثنائية (أساس/ حمض) يتغير لونه حسب الوسط الموجود فيه حمض او أساس.
- رمز الثنائية (أساس / حمض) للكاشف الملون : (HIn/In^-)
- معادلة تفكك الكاشف الملون في الماء: $HIn + H_2O = H_3O^+ + In^-$

- مجال تغير لون الكاشف الملون :





الكاشف الملون	لون الحمض	مجال التغير اللوني	لون الأساس
الهيليانتين	أحمر	$3,1 - 4,4$	أصفر
أزرق البروموتيمول	أصفر	$6 - 7,6$	أزرق
الفينول فتالين	شفاف	$8,2 - 10$	بنفسجي

I. اهم براهين العلاقات

الوسط الحمضي

1. جدول تقدم التفاعل :

- محلول مائي لحمض HA حجمه V_a تركيزه المولي C_a .

المعادلة	AH	$+ H_2O =$	H_3O^+	A^-
ح . إ	$C_a \cdot V_a$	بوفرة	0	0
ح . إ	$C_a \cdot V_a - x$	بوفرة	x	x
ح . ن	$C_a \cdot V_a - x_{max}$	بوفرة	x_{max}	x_{max}

2. الافراد الكيميائية المتواجدة في المحلول

H_3O^+ ، A^- ، AH ، OH^-

3. إيجاد تراكيز الافراد الكيميائية

$$[H_3O^+] = 10^{-PH}$$

$$[A^-] = [H_3O^+]$$

$$[AH] = C_a - [A^-]$$

مهمل $$[OH^-] = \frac{K_e}{[H_3O^+]}$$

4. نسبة التقدم النهائي τ_f

أ. بين أن : $\tau_f = \frac{[H_3O^+]_f}{C_a}$

- $C_a \cdot V_a - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = C_a \cdot V_a$
- $n(H_3O^+)_f = x_f \Rightarrow x_f = [H_3O^+]_f \cdot V_a$
- $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} \Rightarrow \tau_f = \frac{[H_3O^+]_f \cdot V_a}{C_a \cdot V_a} \Rightarrow \tau_f = \frac{[H_3O^+]_f}{C_a}$

ب. بين أن : $\tau_f = \frac{10^{-pH}}{C_a}$

- $C_a \cdot V_a - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = C_a \cdot V_a$
- $n(H_3O^+)_f = x_f \Rightarrow x_f = [H_3O^+]_f \cdot V_a$

$$\Rightarrow x_f = 10^{-pH} \cdot V_a$$

- $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} \Rightarrow \tau_f = \frac{10^{-pH} \cdot V_a}{C_a \cdot V_a} \Rightarrow \tau_f = \frac{10^{-pH}}{C_a}$

5. ثابت التوازن K

أ. بين أن : $Q_{rf} = K_a = \frac{[H_3O^+]_f^2}{C - [H_3O^+]_f}$

- $Q_{rf} = K_a = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [A^-]_f}{[AH]_f}$
- $[A^-]_f = [H_3O^+]_f$
- $[AH]_f = C_a - [A^-]_f = C_a - [H_3O^+]_f$

$$\Rightarrow K_a = \frac{[H_3O^+]_f{}^2}{C_a - [H_3O^+]_f}$$

الوسط الأساسي

1. جدول تقدم التفاعل :

- محلول مائي لأساس B حجمه V_b تركيزه المولي C_b .

المعادلة	B	$+ H_2O =$	OH^-	$+ BH^+$
ح . إ	$C_b \cdot V_b$	بوفرة	0	0
ح . إ	$C_b \cdot V_b - x$	بوفرة	x	x
ح . ن	$C_b \cdot V_b - x_{max}$	بوفرة	x_{max}	x_{max}

2. الافراد الكيميائية المتواجدة في المحلول

OH^- ، BH^+ ، B ، H_3O^+

3. إيجاد تراكيز الافراد الكيميائية

$$[OH^-] = \frac{K_e}{[H_3O^+]}$$

$$[BH^+] = [OH^-]$$

$$[B] = C_b - [BH^+]$$

مهمل $$[H_3O^+] = 10^{-PH}$$

4. نسبة التقدم النهائي τ_f

أ. بين أن : $\tau_f = \frac{[OH^-]_f}{C_b}$

- $C_b \cdot V_b - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = C_b \cdot V_b$
- $n(OH^-)_f = x_f \Rightarrow x_f = [OH^-]_f \cdot V_b$
- $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} \Rightarrow \tau_f = \frac{[OH^-]_f \cdot V_b}{C_b \cdot V_b} \Rightarrow \tau_f = \frac{[OH^-]_f}{C_b}$

ب. بين أن : $\tau_f = \frac{10^{pH-14}}{C_b}$

- $C_b \cdot V_b - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = C_b \cdot V_b$
- $n(OH^-)_f = x_f \Rightarrow x_f = [OH^-]_f \cdot V_b$

$$\Rightarrow x_f = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]_f} \cdot V_b \Rightarrow x_f = \frac{10^{-14}}{10^{-pH}} \cdot V_b$$

- $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} \Rightarrow \tau_f = \frac{10^{pH-14} \cdot V_b}{C_b \cdot V_b} \Rightarrow \tau_f = \frac{10^{pH-14}}{C_b}$

5. ثابت التوازن K

أ. بين أن : $Q_{rf} = K = \frac{[OH^-]_f^2}{C - [OH^-]_f}$

- $Q_{rf} = K = \frac{[OH^-]_f \cdot [BH^+]_f}{[B]_f}$
- $[BH^+]_f = [OH^-]_f$
- $[B]_f = C_b - [BH^+]_f = C_b - [OH^-]_f$

$$\Rightarrow K = \frac{[OH^-]_f{}^2}{C_b - [OH^-]_f}$$

I. اهم براهين العلاقات

ب. بين أن : $K_a = \frac{10^{-2pH}}{C-10^{-pH}}$

- $Q_{rf} = K_a = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [A^-]_f}{[AH]_f}$
- $[H_3O^+]_f = 10^{-pH}$
- $[A^-]_f = [H_3O^+]_f = [A^-]_f = 10^{-pH}$
- $[AH]_f = C_a - [A^-]_f = C_a - 10^{-pH}$

$K_a = \frac{10^{-pH} \cdot 10^{-pH}}{C_a - 10^{-pH}} \Rightarrow K_a = \frac{10^{-2pH}}{C_a - 10^{-pH}}$

ب. بين أن : $Q_{rf} = K = \frac{K_e}{K_a}$

- $Q_{rf} = K = \frac{[OH^-]_f \cdot [BH^+]_f}{[B]_f}$
- $K_e = [H_3O^+]_f \cdot [OH^-]_f$

$\Rightarrow K = \frac{[OH^-]_f \cdot [BH^+]_f}{[B]_f} \cdot \frac{[H_3O^+]_f}{[H_3O^+]_f}$

$\Rightarrow K = \frac{K_e \cdot [BH^+]_f}{[B]_f \cdot [H_3O^+]_f} \Rightarrow K = \frac{K_e}{K_a}$

ج. بين أن : $K_a = \frac{C_a \cdot \tau_f^2}{1-\tau_f}$

- $Q_{rf} = K_a = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [A^-]_f}{[AH]_f}$
- $\tau_f = \frac{[H_3O^+]_f}{C_a} \Rightarrow [H_3O^+]_f = \tau_f \cdot C_a$
- $[A^-]_f = [H_3O^+]_f = \tau_f \cdot C_a$
- $[AH]_f = C_a - [A^-]_f = C_a - \tau_f \cdot C_a = C_a(1-\tau_f)$

$\Rightarrow K_a = \frac{\tau_f \cdot C_a \cdot \tau_f \cdot C_a}{C_a(1-\tau_f)} \Rightarrow K_a = \frac{\tau_f^2 \cdot C_a}{1-\tau_f}$

ج. بين أن : $K = \frac{C_b \cdot \tau_f^2}{1-\tau_f}$

- $Q_{rf} = K = \frac{[OH^-]_f \cdot [BH^+]_f}{[B]_f}$
- $\tau_f = \frac{[OH^-]_f}{C_b} \Rightarrow [OH^-]_f = \tau_f \cdot C_b$
- $[BH^+]_f = [OH^-]_f = \tau_f \cdot C_b$
- $[B]_f = C_b - [BH^+]_f = C_b - \tau_f \cdot C_b = C_b(1-\tau_f)$

$\Rightarrow K = \frac{\tau_f \cdot C_b \cdot \tau_f \cdot C_b}{C_b(1-\tau_f)} \Rightarrow K = \frac{\tau_f^2 \cdot C_b}{1-\tau_f}$

6.الصفة الغالبة

أ. بين أن : $pH = pK_a + log\frac{[A^-]_f}{[AH]_f}$

- $K_a = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [A^-]_f}{[AH]_f}$
- $K_a = 10^{-pKa}$
- $[H_3O^+]_f = 10^{-pH}$

$\Rightarrow 10^{-pKa} = \frac{10^{-pH} \cdot [A^-]_f}{[AH]_f}$

$\Rightarrow log 10^{-pKa} = log 10^{-pH} + log\frac{[A^-]_f}{[AH]_f}$

$\Rightarrow pH = pK_a + log\frac{[A^-]_f}{[AH]_f}$

ب. بين أن : $pH = pK_a + \log(\frac{\tau_f}{1-\tau_f})$

- $K_a = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [A^-]_f}{[AH]_f}$
- $K_a = 10^{-pKa}$
- $[H_3O^+]_f = 10^{-pH}$
- $[A^-]_f = [H_3O^+]_f = \tau_f \cdot C_a$
- $[AH]_f = C_a - [A^-]_f = C_a \cdot (1-\tau_f)$

$\Rightarrow 10^{-pKa} = \frac{10^{-pH} \cdot \tau_f \cdot C_a}{C_a \cdot (1-\tau_f)}$

$\Rightarrow log 10^{-pKa} = log 10^{-pH} + log\frac{\tau_f}{1-\tau_f}$

$\Rightarrow pH = pK_a + log\left(\frac{\tau_f}{1-\tau_f}\right)$

II . مراقبة تطور جملة كيميائية

1. تذكير : مكتسبات قبلية

1. الالكانات

عدد ذرات C n	الصيغة المجملة C_nH_{2n+2}	الصيغة النصف مفصلة	التسمية على وزن " الكان "
1	CH_4	CH_4	ميثان
2	C_2H_6	CH_3-CH_3	ايثان
3	C_3H_8	$CH_3-CH_2-CH_3$	بروبان
4	C_4H_{10}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	بيوتان
5	C_5H_{12}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	بنتان

2. الجذور الالكيلية

عدد ذرات C n	الصيغة المجملة $C_nH_{2n+1}-$	الصيغة النصف مفصلة	التسمية على وزن " الكيل "
1	CH_3-	CH_3-	ميثيل
2	C_2H_5-	CH_3-CH_2-	ايثيل
3	C_3H_7-	$CH_3-CH_2-CH_2-$	بروبيل
4	C_4H_9-	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-$	بيوتيل

3. الاحماض الكربوكسيلية

عدد ذرات C n	الصيغة المجملة $C_nH_{2n+1}-COOH$	الصيغة النصف مفصلة	التسمية على وزن "حمض الالكانويك"
0	$H-COOH$	$H-COOH$	حمض الميثانويك
1	CH_3-COOH	CH_3-COOH	حمض الايثانويك
2	C_2H_5-COOH	CH_3-CH_2-COOH	حمض البروبانويك
3	C_3H_7-COOH	$CH_3-CH_2-CH_2-COOH$	حمض البيوتانويك
4	C_4H_9-COOH	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-COOH$	حمض البنتانويك

4. الكحولات

عدد ذرات C n	الصيغة المجملة $C_nH_{2n+1}-OH$	الصيغة النصف مفصلة	التسمية على وزن " الكانول "
1	CH_3OH	CH_3-OH	ميثانول (اولي)
2	C_2H_5OH	CH_3-CH_2-OH	ايثانول (اولي)
3	C_3H_7OH	$CH_3-CH_2-CH_2-OH$	بروبان-1- اول (اولي)
		$CH_3-\underset{}{CH}(OH)-CH_3$	بروبان-2- اول (ثانوي)
4	C_4H_9OH	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$	بيوتان-1- اول (اولي)
		$CH_3-CH(OH)-CH_2-CH_3$	بيوتان-2- اول (ثانوي)
		$CH_3-C(OH)(CH_3)-CH_3$	2- مثيل بروبان-2-اول (ثالثي)

5. أصناف الكحولات

صنف الكحول	الصيغة العامة	الكربون الوظيفي
كحول اولي	$R-CH_2-OH$	الكربون الوظيفي مرتبط بذرتي H
كحول ثانوي	$R-CH(R')-OH$	الكربون الوظيفي مرتبط بذرة واحدة من H
كحول ثالثي	$R-C(R')(R'')-OH$	الكربون الوظيفي لا يرتبط بأي ذرة H

ملاحظة : R ، R' ، R'' : جذور ألكيلية

6. الاستر E

▪ تعريف الاستر : هو مركب عضوي يمكن اصطناعه من تفاعل حمض كربوكسيلي مع كحول.

الصيغة العامة للاستر $C_nH_{2n}O_2$	الصيغة النصف مفصلة : $R-COO-R'$	التسمية: على وزن " الكانوات الالكيل "
مثال : $C_5H_{10}O_2$ حيث : $n \geq 2$ الكتلة المولية للاستر : $M = 14\,n + 32$	مثال : $\overset{2}{CH_3}-\overset{1}{C}(=O)-O-\overset{1}{CH_2}-\overset{2}{CH_2}-\overset{3}{CH_3}$	● من الحمض : نحذف حمض و نستبدل ويك بـ وات ● من الكحول : نستبدل انول بـ يل مثال : ايثانوات البروب - 1 - يل

II . مراقبة تطور جملة كيميائية

2 . تفاعلات الأسترة

1.معادلة تفاعل الاسترة

$R-COOH \quad + \quad R'-OH = R-COO-R' \quad + H_2O$

حمض كربوكسيلي   كحول   استر   ماء

مثال:

$CH_3-COOH + CH_3-OH = CH_3-COO-CH_3 + H_2O$

حمض الايثانويك   ميثانول   ميثيل الايثانوات   ماء

2. خصائص تفاعل الاسترة

نلخصها في كلمة " ملاب ": محدود ، لا حراري ، بطيء

3.جدول التقدم

المزيج متساوي المولات : $n_0(\text{كحول}) = n_0(\text{حمض كربوكسيلي})$

		$R-COOH$	+ $R'-OH$	= $R-COO-R'$	+ H_2O
ح . ابتدائية	0	n_0	n_0	0	0
ح .إنتقالية	x	n_0-x	n_0-x	x	x
ح . نهائية	x_f	n_0-x_f	n_0-x_f	x_f	x_f

4. مردود الاسترة r

$r = \frac{n_f(\text{استر})}{n_0(\text{حمض})} \cdot 100 \quad \Rightarrow \quad r = \tau_f \cdot 100 = \frac{x_f}{x_{max}} \cdot 100$

- كحول اولي : $r = 67\ \%$
- كحول ثانوي : $r = 60\ \%$
- كحول ثالثي : $r \in [5\ \%\ ;\ 10\ \%]$

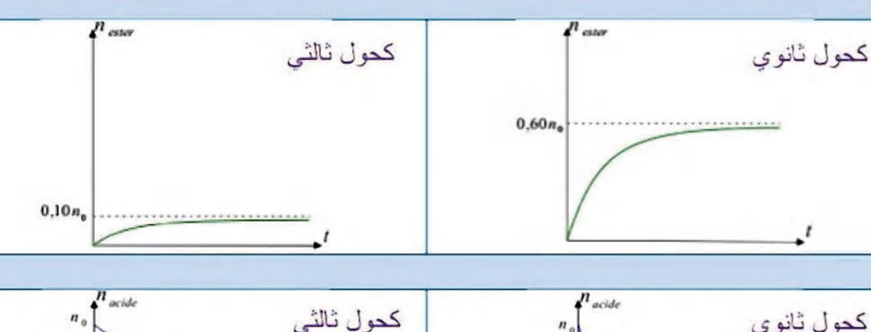
5. ثابت التوازن k

$K = \frac{n_f(\text{استر}) \cdot n_f(\text{ماء})}{n_f(\text{حمض}) \cdot n_f(\text{كحول})} \quad \Leftarrow \quad K = \frac{[R-COO-R']_f \cdot [H_2O]_f}{[R-COOH]_f \cdot [R'-OH]_f}$

- كحول اولي : $K = 4$
- كحول ثانوي : $K = 2.25$

6.منحنى تشكل الاستر او الماء

كحول اولي: n_{ester} ، $0,67n_0$ ، t



7.منحنى اختفاء الحمض الكربوكسيلي او الكحول

كحول اولي	كحول ثانوي	كحول ثالثي
n_{acide} ، n_0 ، $0,33n_0$ ، t	n_{acide} ، n_0 ، $0,40n_0$ ، t	n_{acide} ، n_0 ، $0,90n_0$ ، t

8. جهة تطور التفاعل

- اذا كان $Q_{ri} < K$ الجملة تتطور في الاتجاه المباشر (استرة)
- اذا كان $Q_{ri} > K$ الجملة تتطور في الاتجاه المعاكس (اماهة)
- اذا كان $Q_{ri} = K$ الجملة في حالة توازن

9. مراقبة السرعة

سرعة التفاعل

$v = \frac{dn_{\text{استر}}}{dt}$

تزداد سرعة التفاعل بـ:
1. رفع درجة حرارة المزيج
2. اضافة وسيط مناسب
3. اضافة حمض الكبريت المركز

10.مراقبة المردود

مردود التفاعل

$r = \frac{n_f(\text{استر})}{n_0(\text{حمض})} \cdot 100$

يزداد مردود التفاعل بـ :
1. حذف احد النواتج مثلا : حذف الماء
2. تغير صنف الكحول : كحول اولي $r = 67\ \%$ ، كحول ثانوي $r = 60\ \%$ ، ...
3. استعمال مزيج غير متساوي المولات : $n_0(\text{كحول}) \neq n_0(\text{حمض كربوكسيلي})$

11.تفاعل التصبن

تفاعل التصبن :هو تفاعل استر مع محلول مائي لأساس قوي مثل هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + OH^-)$

خصائصه : سريع ، تام ، حراري.

مثال :

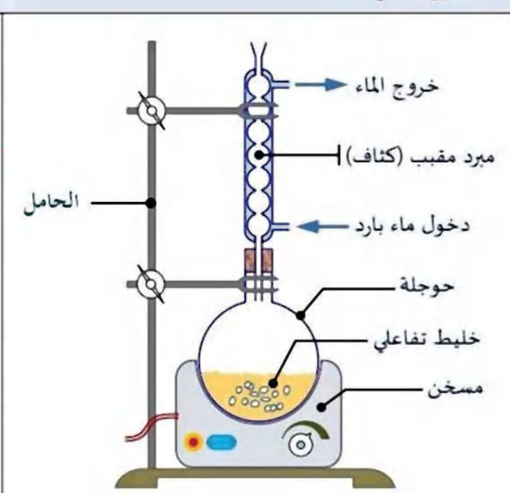
$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-C_2H_5 \ + \ (Na^+, HO^-) = (Na^+, CH_3-COO^-) \ + \ C_2H_5-OH$

إيثانوات الإيثيل   هيدروكسيد الصوديوم   إيثانوات الصوديوم   إيثانول

II . مراقبة تطور جملة كيميائية

3. اهم البرتوكولات التجريبية لتفاعلات الاسترة

1. عملية التسخين بالارتداد



التجهيز التجريبي للتسخين بالارتداد

البرتوكول التجريبي :

1. الهدف من التجربة : تسريع التفاعل و عدم ضياع كمية مادة المتفاعلات و النواتج .

2. الادوات المستعملة :

الزجاجيات :حوجلة + سدادة ، مكثف مقبب ، ماصة عيارية ، بيشر .

المحاليل : الحمض الكربوكسيلي، الكحول ، الماء المقطر، ماء الحنفية ، حمض الكبريت المركز ، الحجر الهش .

الاجهزة : سخان كهربائي ، حامل .

3.خطوات العمل :1.نضع الحمض الكربوكسيلي و الكحول مع اضافة قطرات من حمض الكبريت المركز ونضيف الحجر الهش (لموازنة درجة حرارة المزيج) في حوجلة ثم نسدها بسدادة و نوصلها بالمبرد (المكثف) .

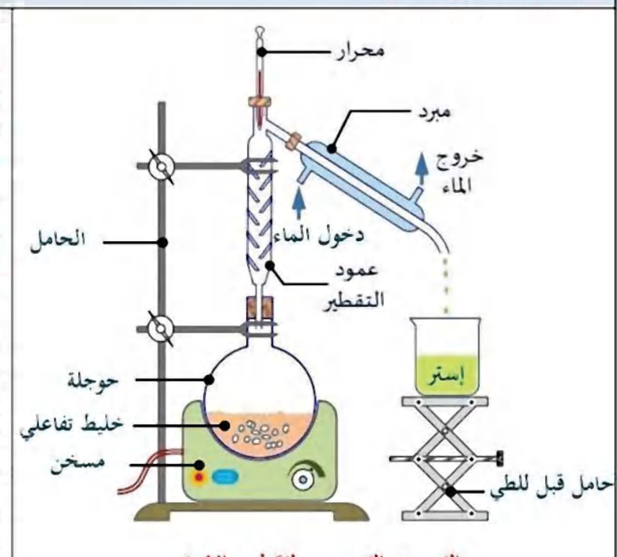
1.نضع الحوجلة فوق السخان الكهربائي و نبدأ في عملية التسخين فيبدأ تشكل الاستر.

2.نوصل المبرد بماء الحنفية للتبريد والمحافظة على المتفاعلات والنواتج .

3.لجمع الاستر الناتج بعد نهاية التفاعل نترك الحوجلة تبرد ثم نضيف لها الماء البارد مالح بكلور الصوديوم .

4. نضيف كربونات الكالسيوم للتخلص من الاحماض ثم نضيف كبريتات المغنزيوم اللامائية لتجفيف الاستر ثم نقوم بعملية الترشيح فنتحصل على استر نقي .

2. عملية التقطير المجزأ



التجهيز التجريبي لتقطير الاستر

البرتوكول التجريبي :

1. الهدف من التجربة : نزع الاستر أثناء تشكله و رفع مردود الاسترة .

2. الادوات المستعملة :

الزجاجيات : حوجلة + سدادة ، عمود التقطير، مكثف (مبرد) ، ماصة عيارية ، بيشر .

المحاليل : الحمض الكربوكسيلي، الكحول ، الماء المقطر، ماء الحنفية ، حمض الكبريت المركز ، الحجر الهش .

الاجهزة : سخان كهربائي ، حامل ، حامل قابل للطي.

3.خطوات العمل : نستعمل هذه الطريقة اذا كانت درجة غليان الاستر اقل من درجة غليان الحمض و الكحول و الماء .

1.نضع الحمض الكربوكسيلي و الكحول مع اضافة قطرات من حمض الكبريت المركز ونضيف الحجر الهش (لموازنة درجة حرارة المزيج) في حوجلة ثم نسدها بسدادة و نوصلها بعمود التقطير ثم بالمبرد (المكثف) .

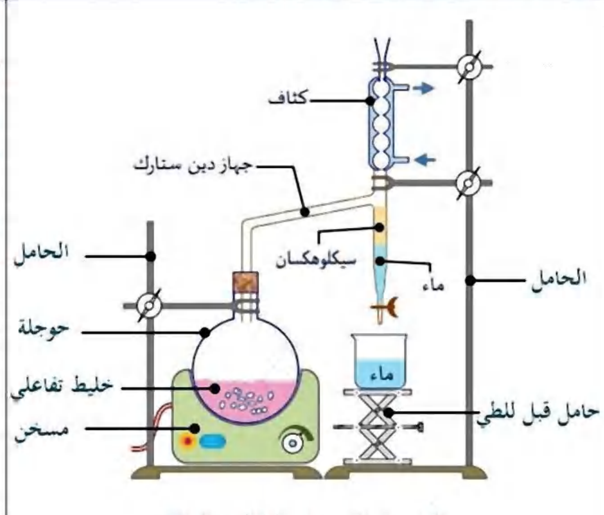
2.نضع الحوجلة فوق السخان الكهربائي و نبدأ في عملية التسخين فيبدأ تفاعل الاسترة.

3.نوصل المبرد بماء الحنفية للتبريد.

4.يتبخر الاستر المتشكل ثم يتكاثف في المبرد ونجمعه في بيشر به ماء بارد مالح .

5. نضيف كربونات الكالسيوم للتخلص من الاحماض ثم نضيف كبريتات المغنزيوم اللامائية لتجفيف الاستر ثم نقوم بعملية الترشيح فنتحصل على استر نقي .

3. عملية التقطير (جهاز دين ستارك)



التجهيز التجريبي لتقطير الماء

البرتوكول التجريبي :

1. الهدف من التجربة : نزع الماء أثناء تشكله و رفع مردود الاسترة .

2. الادوات المستعملة :

الزجاجيات : حوجلة + سدادة، مكثف مقبب ، جهاز دين ستارك، ماصة عيارية، بيشر .

المحاليل : الحمض الكربوكسيلي، الكحول ،السيكلوهكسان ، الماء المقطر، ماء الحنفية ، حمض الكبريت المركز ، الحجر الهش .

الاجهزة : سخان كهربائي ، حامل ، حامل قابل للطي .

3.خطوات العمل :

1.نضع الحمض الكربوكسيلي و الكحول مع اضافة قطرات من حمض الكبريت المركز ونضيف الحجر الهش ثم نضيف السيكلوهكسان في حوجلة ثم نسدها بسدادة و نوصلها بجهاز دين ستارك ثم بالمبرد (المكثف) .

2.نضع الحوجلة فوق السخان الكهربائي و نبدأ في عملية التسخين فيبدأ تفاعل الاسترة.

3.نوصل المبرد بماء الحنفية للتبريد.

4.يتبخر الماء المتحد مع السيكلوهكسان لان درجة غليانه اقل ثم يتكاثف و ينزلان في جهاز دين ستارك بحيث يكون الماء في الاسفل .

5. نفتح صنبور جهاز دين ستارك فينزل الماء في البيشر.